



Parc éolien de Lamballe (22)

.....

Suivi environnemental



Sommaire

1) <u>CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE</u>	P.01
1.1 –DEVELOPPEMENT DE L'EOLIEN	P.01
1.1.1 – Développement de l'éolien au niveau national et régional	P.01
1.1.2 – Schéma Régional Eolien	P.02
1.2 – PARC EOLIEN DE LAMBALLE	P.03
1.2.1 – Situation du parc éolien	P.03
1.2.2 – Caractéristiques du parc	P.04
1.2.3 – Contexte environnemental du parc	P.04
1.3 – OBJET DE L'ETUDE	P.05
1.3.1 – Réglementation relative à la mortalité de la faune	P.05
1.3.2 – Evaluation de la mortalité due aux éoliennes en France	P.06
2) <u>METHODE DU SUIVI</u>	P.07
2.1 – PRINCIPES DE REALISATION DU SUIVI	P.07
2.2 – PROTOCOLES APPLIQUES	P.07
2.2.1 – Habitats et flore associée	P.07
2.2.2 – Activité de l'avifaune	P.08
2.2.3 – Activité des chiroptères	P.08
2.2.4 – Suivi de mortalité	P.09
2.2.5 – Tests du suivi de mortalité	P.11
2.2.6 – Estimation de la mortalité	P.13
3) <u>RESULTATS DU SUIVI</u>	P.15
3.1 – SUIVI DES HABITATS ET DE LA FLORE ASSOCIEE	P.15
3.2 – ACTIVITE DE L'AVIFAUNE SUR LE SITE	P.18
3.3 – ACTIVITE DES CHIROPTERES SUR LE SITE	P.20
3.3.1 – Résultats bruts	P.20
3.3.2 – Causes possibles de mortalité	P.21
3.4 – MORTALITE DE L'AVIFAUNE ET DES CHIROPTERES	P.22
3.4.1 – Résultats bruts	P.22
3.4.2 – Efficacité de l'observateur	P.22
3.4.3 – Evaluation de la prédation sur le site	P.22
3.4.4 – Coefficient correcteur de surface	P.24
3.4.5 – Estimation finale de la mortalité	P.25
3.4.6 – Analyse des résultats	P.25
3.4.7 – Comparaison avec d'autres sites éoliens	P.26
3.5 – FACTEURS INFLUANT SUR LA MORTALITE ET LEUR ESTIMATION	P.27
3.5.1 – Adaptabilité des espèces	P.27
3.5.2 – Contexte géographique	P.27
3.5.3 – Conditions climatiques	P.27
3.5.4 – Limites de la méthode	P.28
4) <u>CONCLUSION</u>	P.28

ATLAM Bureau d'études

38, rue Saint Michel - 85190 VENANSAULT / Tél : 02 51 48 15 15

Chargé de mission : Damien MERCERON

Assisté de Ludovic TABLEAU pour les tests d'efficacité.

Bibliographie

⇒ Site internet

http://www.thewindpower.net/statistics_countries_fr.php

<http://fee.asso.fr/>

<http://inpn.mnhn.fr/>

⇒ Ouvrages / Etudes

ANDRE Y. (2004). Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. Document LPO.

21 pages.

ARNETT, E.B. & SCHIRMACHER, M., 2009. Annual Report Prepared for the Bats and Wind Energy Cooperative and the Pennsylvania Game Conservation.

ARNETT, E.B., technical editor. (2005). Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West

Virginia: An Assessment of Bat Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality and Behavioral Interactions with

Wind Turbines. Final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International.

Austin, Texas, USA. In NWCC, Mitigation Toolbox, Compiled by NWCC Mitigation Subgroup & Jennie Rectenwald, Consultant. May 2007.

CORNUT J. & VINCENT S. (2010). Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs de la région Rhône Alpes.

Document LPO Drome, 43 p.

DREAL Pays de la Loire (2013). Schéma régional éolien terrestre des Pays de la Loire, 47 pages

DULAC P. (2008). Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris.

Bilan de 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux, délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire /

Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages

CHOUINARD S. & ARHURO R. (2014). Suivi de l'impact du fonctionnement du parc éolien de l'Île d'Olonne sur l'avifaune

et les chiroptères. ADEV, 58 p

HUSO M., ERCKSON W., 2013. A comment on "Novel scavenger removal trials increase wind turbine-caused

avian fatality estimates". The journal of Wildlife Management, volume 72, numero 2, p 213-215.

HUSO M., 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses- Environmetric, 19 pages

1 – CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

1.1 – Développement de l'éolien

1.1.1 – Développement de l'éolien au niveau national et régional

La transition énergétique voulue et engagée par les pouvoirs publics depuis plusieurs années a offert de nouvelles perspectives environnementales, économiques et sociales, symbolisées par les énergies renouvelables, notamment l'éolien.

La France se situe en 4^{ème} position européenne en termes de capacités installées, avec 12 065,3 MW (31 décembre 2016).

La part relative de l'éolien terrestre, dans la consommation électrique nationale d'électricité, devrait augmenter dans les 15 années à venir pour représenter un pourcentage allant de 10 à 15% de la consommation totale (France Énergie Éolienne).

A titre de comparaison, fin 2012, la puissance installée était de 7 449 MW, pour environ 4500 éoliennes installées, contre 5970 MW en 2010 et 1567 MW en 2006.

Avec un fort potentiel en vent, le territoire terrestre français voit l'occasion de se développer depuis la simplification d'un certains nombres de mesures et le vote de la loi de transition énergétique. (France Énergie Éolienne).

Le Grand Ouest de la France est doté du second gisement éolien français grâce à ses deux façades maritimes (Manche et Atlantique).

Potentiel longtemps sous-exploité, le territoire prend conscience de la nécessité de développer les énergies renouvelables. Il s'est donc doté de schémas de planification ambitieux dont l'objectif est le raccordement de 5250 à 6480 MW d'éolien terrestre d'ici à 2020 et 3000 MW d'éolien maritime d'ici 2023.

La région Bretagne a atteint, fin 2015, une puissance de 913 MW pour 160 parcs éoliens, dont 20 parcs sur le département des Côtes d'Armor, représentant une puissance de 305 MW.

1.1.2 – Schéma Régional Eolien

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement a prescrit l'adoption, dans chaque région, d'un schéma régional de l'éolien (SRE).

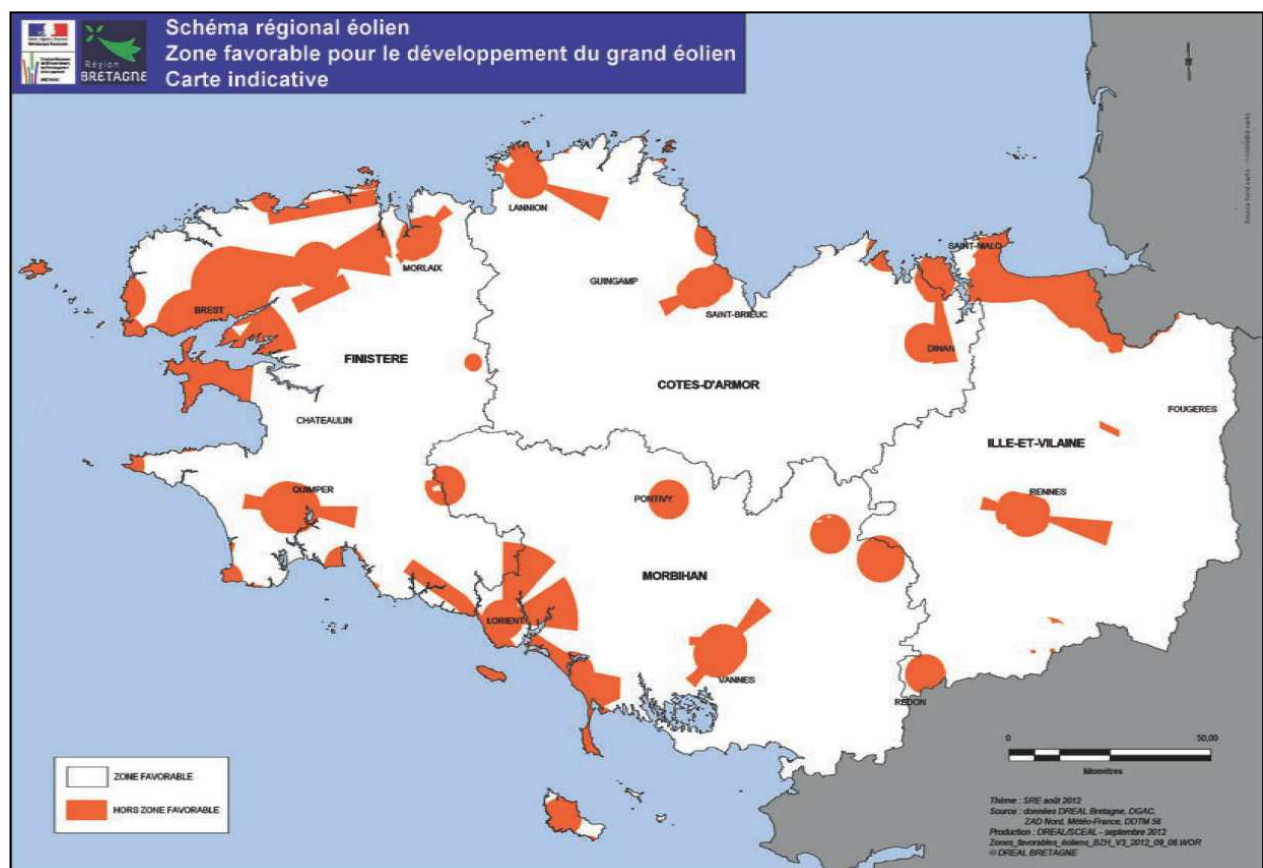
Co-élaboré par l'État et la Région, le SRE a pour objectif de favoriser le développement de l'énergie éolienne terrestre, tout en identifiant, au sein du territoire régional, les zones favorables au développement de l'énergie éolienne compte tenu du potentiel du vent, des contraintes techniques et des sensibilités environnementales (paysages, patrimoine, biodiversité).

Il formule par ailleurs un certain nombre de recommandations visant à favoriser l'insertion des projets éoliens dans leur environnement.

Le schéma régional éolien breton a été arrêté par le préfet de région le 28 septembre 2012, puis annulé par un jugement du Tribunal Administratif de Rennes du 23 octobre 2015.

Toutefois, et en application de l'article L.553-1 du code de l'environnement :

- L'instauration d'un SRE n'est pas une condition préalable à l'octroi d'une autorisation.
- L'annulation du SRE de Bretagne est sans effet sur les procédures d'autorisation de construire et d'exploiter des parcs éoliens déjà accordés ou à venir.



1.2 – Parc éolien de Lamballe

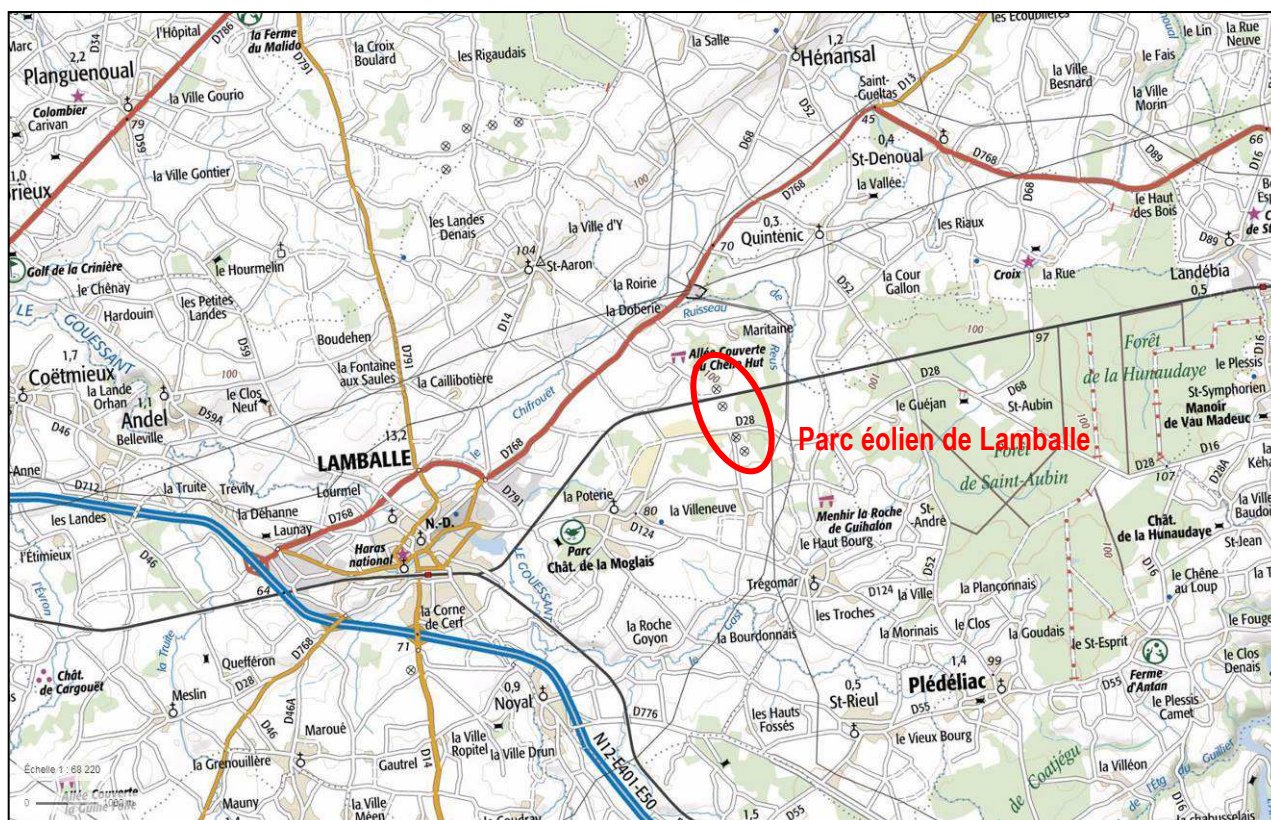
1.2.1 – Situation du parc éolien

Lamballe est une commune arrière littorale, située à une vingtaine de kilomètres au sud-est de Saint-Brieuc.

Le parc éolien se situe dans le bocage de Lamballe, entre l'agglomération et la forêt de Saint-Aubin.

Il est constitué de 4 éoliennes, mises en exploitation depuis 2011/12, dont une est exploitée par le groupe IEL. C'est cette éolienne qui est étudiée dans ce suivi.

SITUATION DE LA COMMUNE DE LAMBALLE ET DE SON PARC EOLIEN



Source : Carte IGN - Géoportail

1.2.2 – Caractéristiques du parc

Les études du projet de création d'un parc éolien, sur les hauteurs de la commune de Lamballe, ont été lancées en 2005.

Installé et mis en service en 2011, le parc se compose de 4 éoliennes de 2 300 kW chacune, soit une puissance totale de 9,2 MW.

La production annuelle totale du parc, de l'ordre de 16 millions de kWh, permet de produire l'équivalent de la consommation électrique de près de 5 300 foyers (hors chauffage) donc 12 000 habitants, à raison de 2,3 personnes par foyer.

Chaque éolienne a une hauteur de tour de 78 m, avec un diamètre du rotor de 82 m. Le sommet des pâles culmine à plus de 110 m au-dessus du sol.

1.2.3 – Contexte environnemental du parc

Le parc éolien est implanté dans un contexte bocager relativement dense, mêlant des espaces de cultures (cultures intensives) et de prairies à pâturage bovin. Le contexte environnemental du parc est également très marqué par les espaces boisés.



Pied / Mât et pâles de l'éolienne



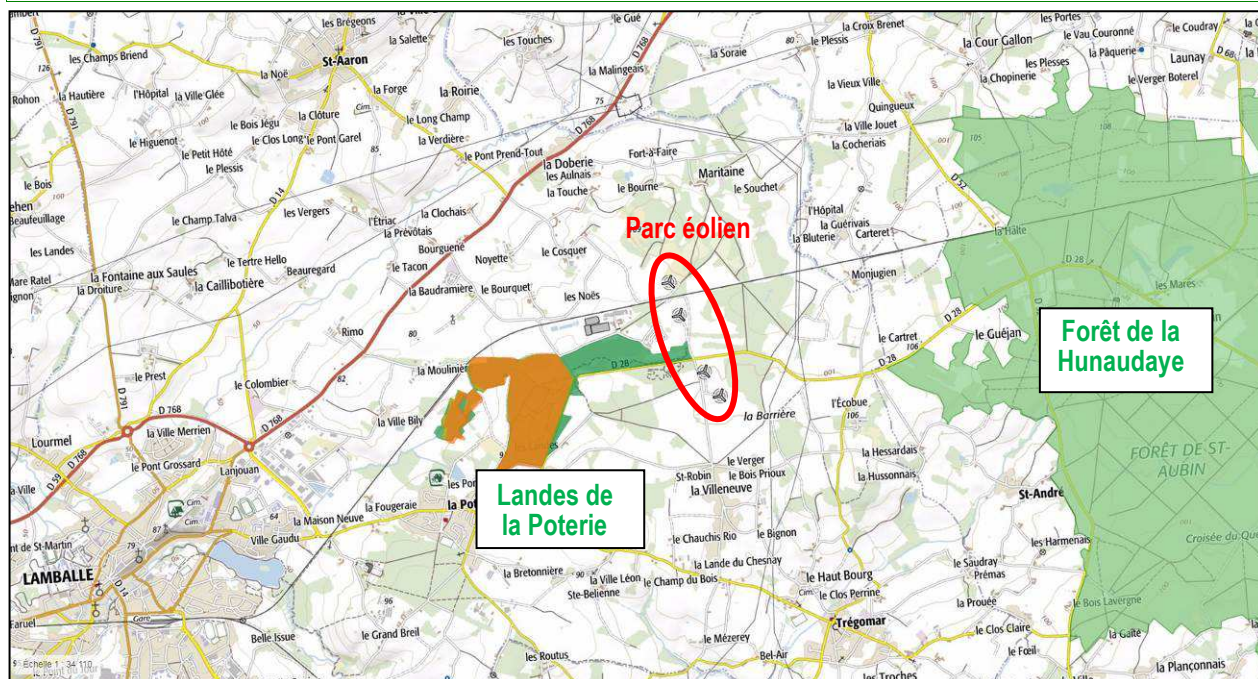
La diversité et la qualité des habitats situés autour du parc, mêlées à un contexte littoral, permettent de considérer que le parc de Lamballe se situe dans un contexte environnemental riche.

Ainsi, la commune de Lamballe présente des espaces naturels remarquables faisant l'objet de mesures de protection de la biodiversité :

- APPB (Arrêté de Protection de Biotope) : "Landes de la Poterie" (FR3800299)
- SIC (Site d'Intérêt Communautaire) – ZSC (Zone Spéciale de Conservation) : "Landes de la Poterie" (FR5300036).
- ZNIEFF de type 1 (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) : "Landes de la Poterie" (530005960).
- ZNIEFF de type 2 "Forêt de la Hunaudaye et de Saint Aubin" (530030213).

Ces espaces remarquables ne concernent pas directement le site du parc éolien mais se trouvent dans un rayon proche.

SITUATION DU PARC EOLIEN VIS-A-VIS DES ESPACES NATURELS REMARQUABLES



Source : Carte IGN - Géoportail

1.3 – Objet de l'étude

1.3.1 – Réglementation relative à la mortalité de la faune

L'installation de parcs éoliens conduit à impacter les oiseaux et les chiroptères.

Les différentes études réalisées montrent que cet impact est produit de plusieurs façons :

- Dérangement en phase de chantier, qui peut engendrer une perte d'habitat.
- Création d'un effet barrière par la ligne d'éoliennes, faisant obstacle au passage des oiseaux (André, 2005)
- Collisions avec les éoliennes. De nombreux cas de mortalité, oiseaux et chauves-souris, dus à des collisions avec des éoliennes, sont recensés un peu partout en Europe et en Amérique.

Depuis janvier 2012, les parcs éoliens sont soumis à une nouvelle réglementation en référence à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

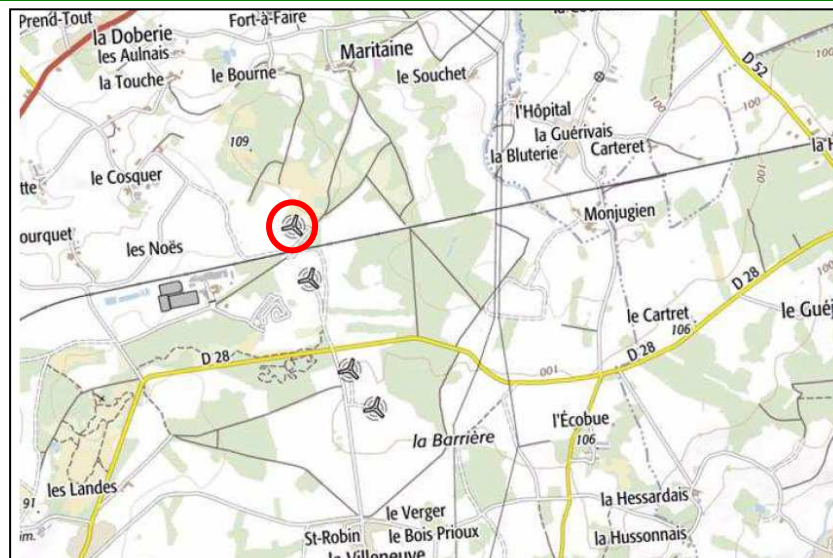
En effet, en référence à l'article 12 de cet arrêté, les exploitants des parcs doivent mettre en place une étude de suivi environnemental permettant d'évaluer la mortalité produite par les parcs.

"Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs.

Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées."

C'est dans ce contexte que le groupe IEL a mandaté le bureau d'études ATLAM pour effectuer le suivi environnemental à N+1 de leur éolienne, au nord du parc.

EOLIENNE CONCERNEE PAR LE SUIVI



Source : Carte IGN - Géoportail

1.3.2 – Evaluation de la mortalité due aux éoliennes en France

La première étude réalisée pour étudier les effets de l'éolien sur la mortalité des chiroptères et des oiseaux en France concernait le parc éolien de Bouin (85), suivi par la LPO (2004-2006).

Plusieurs études pluriannuelles ont par la suite été entreprises, notamment :

- en 2008, par Aves Environnement et le Groupe Chiroptères de Provence, sur le parc du Mas de Leuze (Bouches-du-Rhône) ;
- en 2009, par la LPO Vienne et Vienne Nature (Gailledrat, 2009), sur le parc de Rochereau en Vienne ;
- en 2010 sur le parc de Castelnau-Pegayrols dans l'Aveyron (Beucher et al., 2010).

D'autres études de mortalité ont été menées à l'étranger notamment en Allemagne (Brinkmann et al., 2006) ou aux Etats-Unis (Fiedler et al., 2007).

Toutes ces études indiquent un effet des éoliennes sur la mortalité des oiseaux et des chiroptères, avec toutefois des variations importantes selon les parcs et leur contexte biotique et abiotique plus ou moins proche.

Les chiroptères apparaissent comme le taxon le plus impacté, l'espèce la plus touchée étant la pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*).

D'après une étude récente, établie par la LPO (analyse des études de suivis de mortalités réalisées en France de 1997 à 2015), portant sur les impacts des parcs éoliens français sur l'avifaune, il ressort que 81 % des cadavres retrouvés appartiennent à des espèces protégées, ou présentant une préoccupation majeure quant à leur état de conservation.

Les rapaces diurnes (faucon crécerelle et crécerellette, milans noir et royal, busard cendré, buse variable, etc.) sont les premières victimes des éoliennes au regard de leurs effectifs de population, d'autant que dans la majorité des cas, ce sont des individus nicheurs en France qui sont impactés.

2 – METHODE DU SUIVI

2.1 – Principes de réalisation du suivi

Le présent suivi est basé sur le protocole de suivi environnemental du MEDDE, applicable aux éoliennes terrestres soumises à autorisation.

Il comprend :

- Un suivi mortalité de l'avifaune.
- Un suivi mortalité des chiroptères.
- Un suivi de l'activité de l'avifaune (oiseaux nicheurs, migrants et hivernants).
- Un suivi de l'activité des chiroptères.
- Un suivi de l'évolution des habitats naturels liés aux espèces protégées fréquentant les parcs.

Ce protocole détermine la typologie et la pression d'inventaires à réaliser sur le parc en fonction des espèces mises en avant dans le cadre de la réalisation de l'étude d'impact du parc.

Ainsi les espèces ayant la plus forte sensibilité aux éoliennes, recensées dans le cadre de cette étude, sont :

- Le goéland argenté pour l'avifaune nicheuse ;
- Le goéland argenté pour l'avifaune hivernante ;
- La pipistrelle commune pour les chiroptères.

Ces espèces déterminent donc le nombre de passages à réaliser, à minima, sur l'éolienne.

Comme précisé précédemment, le présent suivi ne porte que sur une seule éolienne du parc éolien.

2.2 – Protocoles appliqués

2.2.1 – Habitats et flore associée

L'objectif est de permettre d'évaluer l'état de conservation de la flore et des habitats naturels présents sur et à proximité de l'éolienne, le rayon d'étude étant de 300 m autour de l'éolienne.

Les inventaires sont réalisés aux différentes périodes favorables :

- Flore printanière : 2 passages, 1 en avril et 1 en mai.
- Flore estivale : 2 passages, 1 en juin et 1 en juillet.

Chaque habitat naturel présent dans la zone est identifié selon le code Corine Biotopes, en fonction de sa composition floristique.

Sur chaque type d'habitats recensé, des relevés floristiques sont réalisés selon le protocole des transects (lignes fictives), le long desquels les différentes essences floristiques sont recensées et localisées.

2.2.2 – Activité de l'avifaune

Les inventaires avifaunistiques se réalisent dans un périmètre allant jusqu'à 300 m (minimum) autour des éoliennes.

Les protocoles d'inventaires sont basés sur la méthode des Indices Ponctuels d'Abondances (IPA), qui consiste à réaliser plusieurs points d'écoute et d'observation répartis sur l'ensemble du périmètre établi.

Les inventaires ont également pour but de déterminer le nombre et l'activité de chaque espèce ainsi que l'utilisation qu'elles font du site.

Les indices de présence sont également pris en considération, notamment pour les espèces plus discrètes (plumes, aires fraîchement occupées, pelotes de rejection).

Pour les oiseaux nocturnes, des points d'écoute sont réalisés de nuit, en parallèle de l'inventaire chiroptères, aux abords des zones potentiellement favorables (haie, boisements,...).

Le statut de présence des individus observés est déterminé en fonction de leur activité et de la qualité du milieu pour l'espèce.

Les catégories suivantes sont utilisées :

Ali : l'oiseau s'alimente sur le site sans que sa nidification soit attestée ou possible.

P : l'oiseau est posé sans manifester de comportement particulier.

V : l'oiseau est observé en transit sur le site, sans s'y arrêter.

M : l'oiseau est en migration.

NPO : Nidification possible : observation d'un mâle chanteur en période de reproduction, ou présence d'un individu dans un habitat favorable pour nicher.

NPR : Nidification probable : observation d'un couple dans un milieu favorable pour nicher, parades nuptiales, comportement territorial marqué, présence de plaques incubatrices, etc.

NC : Nidification certaine : présence d'adultes en train de nourrir, jeunes fraîchement éclos ou envolés, etc.

Le nombre de passages, pour chaque phase du cycle biologique des oiseaux, a été défini à partir des données de l'étude d'impact, suivant le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

A ce titre, les données analysées montrent qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer un inventaire portant sur l'activité de l'avifaune. Cependant, pour une meilleure analyse des données, plusieurs relevés sur la base du protocole cité précédemment, ont été réalisés en parallèle et en complément des autres relevés.

2.2.3 – Activité des chiroptères

Le suivi de l'activité des chiroptères a pour objectif d'estimer l'impact de l'éolienne sur les espèces présentes sur le site.

Il est réalisé en plusieurs passages sur les périodes d'activité des chauves-souris, qui ont été déterminées en fonction des spécificités identifiées dans le cadre de l'étude d'impact, soit :

- Deux passages durant la campagne printanière (avril / mai) ;
- Deux passages durant la campagne estivale (juin/juillet) ;
- Deux passages durant la campagne automnale (octobre).

Les mœurs nocturnes et la grande discrétion des chauves-souris en journée, impliquent la réalisation d'inventaires en période nocturne et l'emploi d'un matériel adapté, permettant de détecter et identifier les espèces à partir des émissions acoustiques produites, grâce auxquelles elles communiquent, chassent et se déplacent.

Ainsi, les inventaires sont réalisés, à la tombée de la nuit dans un rayon de 300 m autour de chaque éolienne, avec un détecteur à ultrasons de type Petterson Elektronik DX240 (mesures au sol).

Des arrêts sont réalisés, quelques minutes de temps en temps, pour détecter les espèces les plus sensibles au dérangement provoqués par les déplacements.

Les cris captés sont ainsi identifiés, soit directement en mode hétérodyne, soit enregistrés en expansion de temps sur un enregistreur séparé, puis analysés informatiquement avec le logiciel Batsound.

L'activité des individus détectés est déterminée en fonction :

- Du type de cris : signal simple ou cri social.
Ce dernier est souvent très caractéristique et aisément différenciable des signaux sonars simples. Le cri social peut être émis lorsque plusieurs individus chassent ensemble sur une même zone, ou près du gîte et des colonies de reproduction.
- De la récurrence des signaux : forte ou faible.
Une récurrence qui devient de plus en plus élevée traduit l'approche d'un obstacle, par exemple de la végétation, ou bien lorsque cette récurrence devient très élevée, l'approche puis la capture d'une proie. Ces variations dans les signaux permettent de déterminer si l'individu contacté est en chasse ou se déplace simplement, et s'il est proche ou à distance de la végétation (Barataud, 2012).
- Du milieu occupé (habitat favorable ou non à la présence d'une colonie de reproduction).

La réalisation de ces inventaires, dès la tombée de la nuit, permet aussi de reconnaître les éventuels gîtes d'été formés dans les arbres à cavités.

2.2.4 – Suivi de mortalité

Le suivi de mortalité permet de vérifier que les populations d'oiseaux et de chauves-souris présentes au niveau des éoliennes, ne sont pas affectées de manière significative par le fonctionnement des aérogénérateurs.

⇒ Fréquence de passage

L'intensité des suivis de mortalité pour les oiseaux et les chauves-souris étant relativement proches, lorsqu'un suivi de la mortalité est nécessaire à la fois pour l'avifaune et les chiroptères, l'intensité de suivi retenue est celle de l'espèce (recensée à l'étude d'impact) ayant l'indice de vulnérabilité le plus élevé (pondération entre le statut réglementaire de l'espèce et son niveau de sensibilité à l'éolien).

Dans le cas présent, l'espèce retenue (recensée à l'étude d'impact), ayant l'indice de vulnérabilité le plus élevé est la pipistrelle commune (note de 3).

Selon le protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, la note de 3 nécessite la fréquence de **4 passages par éolienne sur 4 mois stratégiques** (avril, mai, juin, août ou septembre). Chaque passage doit être espacé de 3 jours.

⇒ Horaires de passage et durée du suivi

Les suivis sont réalisés en tout début de matinée pour limiter les risques de prédation et donc de disparition des cadavres. Ils débutent environ ½ heure (par beau temps) à 1 heure (temps couvert) après le lever du soleil pour une meilleure visibilité durant les relevés.

La durée de relevé est d'environ ¾ d'heure par éolienne, bien que l'évolution des cultures, au cours des mois, rende les relevés plus chronophages.

⇒ Surfaces et transects de prospection

Le protocole EUROBATS indique que le rayon d'intervention autour du mât d'éolienne doit être équivalent à la hauteur du mât (soit 78 mètres dans le cas présent). Cependant, pour faciliter la mise en place du protocole et avoir de meilleurs repères, il a été choisi de s'appuyer sur le protocole LPO (André, 2004) qui préconise de prospecter un carré de 100 mètres de côté autour de l'éolienne.

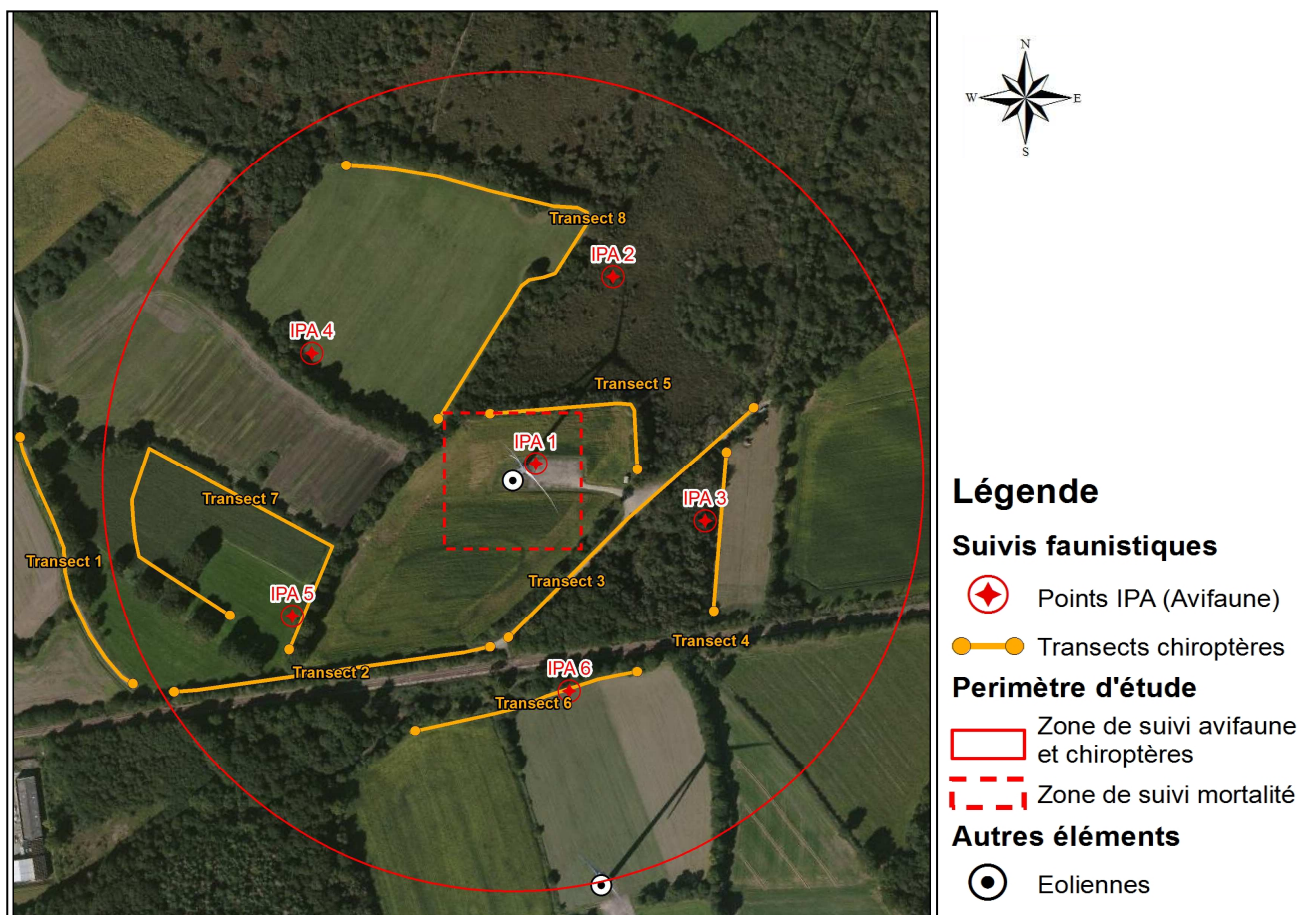
Pour prospecter l'ensemble de la surface, les transects varient entre 3 et 5 mètres selon la végétation (3 m : végétation haute ; 4 m : végétation basse ; 5 m végétation absente).

⇒ Personnes associées au suivi

Les relevés sont réalisés par 2 personnes attitrées, pour une meilleure homogénéité dans les recherches ; dans le cas présent ils ont été réalisés par :

- Damien MERCERON : personne en charge des relevés et de l'étude ;
- Ludovic TABLEAU : personne intervenant en complément pour les tests sur l'efficacité des relevés (détail du test dans le chapitre suivant).

LOCALISATION DES RELEVÉS DE SUIVI



2.2.5 – Tests du suivi de mortalité

Lors du suivi de mortalité, tous les cadavres ne peuvent pas être détectés. Il est donc nécessaire de réaliser une estimation de la mortalité en prenant en compte divers paramètres qui influencent les relevés :

⇒ L'efficacité de l'observateur

L'efficacité de l'observateur, ou taux de détection, varie selon les conditions d'observations et de l'observateur lui-même, notamment de ses facultés à repérer les cadavres.

L'efficacité de l'observateur est évaluée à l'aide d'un test, réalisé à 3 reprises sur les différentes entités végétales.

Ce test consiste à déterminer le taux de détection de l'observateur à partir d'un nombre connu de leurres déposés aléatoirement sur le terrain (par une autre personne que l'observateur), tout en testant de manière proportionnelle les différentes entités végétales.

Les recherches se font en parallèle des relevés de mortalité habituels, pour ainsi être exercées dans les mêmes conditions.

L'efficacité moyenne de l'observateur est calculée en réalisant une moyenne pondérée par la surface de chaque classe de visibilité (hauteur de la végétation).

⇒ Le taux de prédation

Le taux de prédation renseigne sur la durée de persistance d'un cadavre une fois au sol. Ce facteur prédation est principalement dû aux diverses espèces de charognards ou nécrophages (mammifères, insectes, limaces, oiseaux,...), présentes sur ou à proximité du site suivi.

Les personnes en charge du suivi réalisent également 3 tests de prédation en disposant des appâts entre deux passages (rats blanchons congelés : nourriture reptiles en animalerie), pour déterminer le coefficient de prédation à appliquer dans l'analyse (Taux de persistance).

Ainsi, 5 cadavres par test sont déposés au sein des différentes végétations autour de l'éolienne. La présence ou l'absence de cadavres est vérifiée chaque matin, pendant 10 jours. Les cadavres sont déposés en fin de journée, et le premier relevé est fait le lendemain matin au lever du jour.

En fonction du nombre d'individus retrouvés, le taux de prédation est ainsi défini sur l'ensemble par éolienne.

⇒ La proportion entre la surface théorique à inventorier et la surface réellement prospectée

La proportion entre la surface théorique à inventorier et la surface réellement prospectée, varie selon la stratification et la densité végétale (ex : une haie ou un bois dense ne pourra pas être prospecté de manière efficace, ces surfaces non prospectées sont donc à prendre en compte dans les estimations de mortalité).

La surface à prospecter dans le rayon défini peut, selon les caractéristiques biotiques (hauteur et densité de la végétation) ou abiotiques (topographie dans des régions vallonnées) du site, être différente de la surface réellement prospectée.

A titre d'exemple, au niveau du parc éolien de Bouin (Dulac, 2008) situé sur un polder agricole, il a été constaté que, selon les saisons, les cultures empêchaient une prospection complète. Ainsi à certaines périodes, seulement 5% de la surface totale a été prospectée durant l'étude, et il a été estimé que 67% des oiseaux en moyenne et 37% des chauves-souris en moyenne n'avaient pas été trouvés lors de prospections incomplètes.

Dans ce contexte, les méthodes de calcul de la mortalité intègrent toutes un coefficient correcteur de surface **A**. Ainsi, le résultat de chaque formule est multiplié par ce coefficient correcteur de surface (A).

Afin de se rapprocher de la surface d'échantillonnage de 1 ha préconisée par André (2004), seuls les cercles de rayon inférieur à 56 m ont été intégrés au calcul, pour que la surface considérée (surface total $\pi \times r^2$ proche de 1 ha) soit comparable aux autres études.

Des cercles de 14, 28, 42 et 56 m de rayon ont ainsi été utilisés pour les calculs ; ce coefficient s'obtient par la formule suivante :

$$A = \frac{\sum_k C_k / S_k}{\sum_k C_k}$$

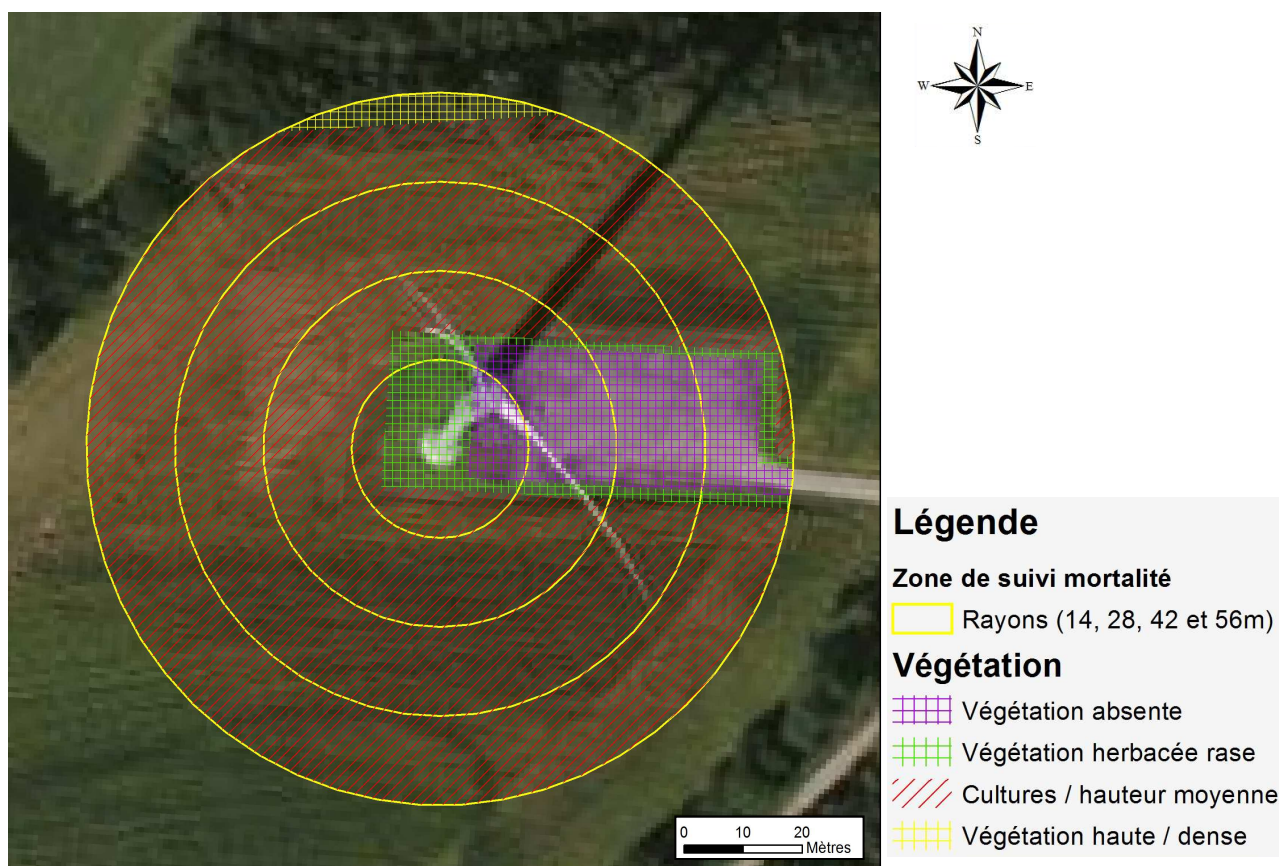
S_k : Proportion de la surface prospectée du cercle K

C_k : Nombre de cadavres retrouvés au sein du cercle K

La découverte d'un cadavre d'oiseau ou de chiroptère fait l'objet d'une fiche détaillée permettant la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatée.

Les tests d'efficacité de l'observateur et le taux de prédation ne sont cependant pas stables. Ils peuvent, en effet, évoluer dans le temps selon plusieurs facteurs (croissance de la végétation, taux de prédation variables selon les conditions météorologiques ou les périodes). Afin de limiter la variance des coefficients correcteurs relative à ces paramètres et d'être le plus homogène possible dans les résultats, il est nécessaire de réaliser les tests sur les entités présentant une stratification et une densité végétale différentes.

CERCLES CONCENTRIQUES DE 14, 28, 42 ET 56 M ET TYPES DE VEGETATION PAR SECTEUR PROSPECTE





Leurre pour test efficacité



Leurre pour test prédation

2.2.6 – Estimation de la mortalité

Plusieurs méthodes existent pour extrapoler les résultats des relevés de terrain et estimer la mortalité réelle d'un parc éolien. Ces différentes méthodes de calcul se basent sur une formule initiale, celle de Winkelmann, avec cependant des différences dans l'estimation du taux de persistance.

Afin de comparer chaque estimation et également avoir des éléments comparables avec d'autres parcs éoliens, l'estimation de la mortalité se base sur 3 formules habituellement utilisées : Erickson, Jones et Huso (décrites ci-dessous).

Le choix a été fait de ne pas inclure dans l'estimation de la mortalité, la méthode de Winkelmann. Moins précise que les autres formules, elle tend nettement à la surestimation et ne prend pas certains critères développés dans les autres formules.

⇒ Protocole "Erickson"

Cette formule est une dérivante de la formule de Winkelmann, avec une différence dans la prise en compte du taux de persistance qui, pour la formule d'Erickson, peut être pris en compte même dans le cas d'une très forte prédation sur le site qui induirait un taux de persistance nul.

$$N = \frac{N_c \times I}{P_e \times E_f}$$

N_c = nombre de cadavres retrouvés (mort induite par l'éolien)

I = intervalle entre 2 relevés en nombre de jours

P_e = durée moyenne de persistance d'un cadavre en jours

E_f = taux d'efficacité de la personne en charge du relevé

⇒ Protocole "Jones"

La formule de Jones (au même titre que la formule de Huso : à suivre), plus récente, présente a priori une fiabilité plus importante.

Cette méthode s'appuie sur deux principes qui influent sur le calcul :

- Le taux de mortalité est constant sur l'intervalle
- La probabilité moyenne de disparition d'un cadavre sur l'intervalle est égale à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé au milieu de l'intervalle de temps. Le taux de persistance (P) est alors adapté avec la formule suivante :

$$P = \exp^{(-0,5 \times (I/Pe))}$$

Jones *et al.* introduit également la notion d'"intervalle effectif" qui considère que plus l'intervalle de temps (I) entre 2 relevés est long, plus le taux de persistance est faible.

En résumé, un cadavre découvert au bout d'un intervalle de temps (I) relativement long n'est probablement pas mort au début de cet intervalle mais plutôt dans cet intervalle effectif (\hat{I}) qui correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1%.

L'intervalle \hat{I} s'obtient donc avec la formule suivante :

$$\hat{I} = -\log(0.01) \times Pe$$

Cette variante sera intégrée dans le calcul du coefficient correcteur de l'intervalle, équivalente à :

$$C_c = \frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I} \quad I = \text{intervalle entre 2 relevés en nombre de jours}$$

Dans le calcul, I prend la valeur minimale entre I et \hat{I}

Ainsi, en reprenant les différentes adaptations précédentes, la formule de Jones (N) correspond à :

$$N = \frac{N_c}{E_f \times P \times C_c}$$

N_c = nombre de cadavres retrouvés (mort induite par l'éolien)
P = taux de persistance des cadavres
E_f = taux d'efficacité de la personne en charge du relevé
C_c = coefficient correcteur de l'intervalle

⇒ Protocole "Huso"

Très proche du protocole de Jones, Huso considère également que le taux de mortalité est constant dans l'intervalle. Il utilise toutefois une valeur plus élevée du taux de persistance. Ainsi ce taux de persistance (P) est repris par la formule suivante :

$$P = \frac{Pe \times (1 - \exp^{(-I/Pe)})}{I} \quad I = \text{intervalle entre 2 relevés en nombre de jours}$$

Dans le calcul, I prend la valeur minimale entre I et \hat{I}

Ainsi, en reprenant les différentes adaptations précédentes, la formule de Huso (N) correspond à :

$$N = \frac{N_c}{E_f \times P \times C_c}$$

N_c = nombre de cadavres retrouvés (mort induite par l'éolien)
P = taux de persistance des cadavres
E_f = taux d'efficacité de la personne en charge du relevé
C_c = coefficient correcteur de l'intervalle

3 – RESULTATS DU SUIVI

3.1 – Suivi des habitats et de la flore associée

Le contexte du parc éolien est largement dominé par la culture, avec cependant, une diversité d'habitats intéressante, que ce soit qualitativement et quantitativement.

Ainsi, dans le rayon d'étude de 300 m autour de l'éolienne on retrouve 4 principaux habitats :

- Des cultures intensives (maïs) sur des parcelles relativement grandes (code Corine biotopes : 82.11 - Grandes cultures).

Cet habitat, très pauvre écologiquement, couvre plus de 60% de la surface totale du rayon étudié (83% dans un rayon de 55 m autour de l'éolienne), sur de vastes étendues.

La présence de cet habitat, très pauvre écologiquement, limite fortement l'attrait pour les espèces autour des éoliennes.

Seuls quelques adventices persistent en limite d

e parcelle, comme le pied de coq (*Echinochloa crus-galli*), la camomille romaine (*Anthemnis nobilis*),...

- Des boisements, de divers types :

- Chênaie (code Corine biotopes : 41.51 - Bois de chênes pédonculés et de bouleaux), incluant un bois à peuplier tremble (code Corine biotopes : 41.D - Bois de trembles) et une saulaie à saule marsault (Code Corine biotopes : 44.1 - Formations riveraines de saules).
- Pinède (code Corine biotopes : 83.31 - Plantations de conifères).

Dans ces boisements, le chêne pédonculé (*Quercus robur*) est l'essence dominante, accompagné de pin maritime (*Pinus pinaster*) et de peuplier tremble (*Populus tremula*).

La sous-strate arbustive, diversifiée, se compose de : houx (*Ilex aquifolium*), saule marsault (*Salix caprea*), merisier (*Prunus avium*), troène (*Ligustrum vulgare*), bouleau verruqueux (*Betula verrucosa*), pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), sureau noir (*Sambucus nigra*), prunellier (*Prunus spinosa*), ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*), genêt à balais (*Cytisus scoparius*).

La sous-strate basse se compose de bruyère cendrée (*Erica cinerea*), callune (*Calluna vulgaris*), molinie bleue (*Molinia caerulea*), chèvrefeuille (*Lonicera periclymenum*), fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), fragon (*Ruscus aculeatus*), sauge des bois (*Salvia nemorosa*), garance voyageuse (*Rubia peregrina*), ronce (*Rubus sp.*)...

A noter la présence d'une vaste parcelle en régénération naturelle, qui tend à se refermer par la recolonisation du chêne pédonculé. A ce stade, ce secteur reste assez dense et diversifié avec la présence d'espèces pionnières et de landes : peuplier tremble (*Populus tremula*), bouleau verruqueux (*Betula verrucosa*), bruyère cendrée (*Erica cinerea*), callune (*Calluna vulgaris*), molinie bleue (*Molinia caerulea*), ronce (*Rubus sp.*).

- Des prairies enssemencées pour le pâturage bovin (code Corine biotopes : 81.1 - Prairies sèches améliorées).

La composition floristique de ces parcelles, situées dans un contexte bocager assez dense, est très homogène et principalement représentée par des poacées semées (ray-grass). Quelques plantes spontanées tentent également de coloniser ces espaces : pissenlit (*Taraxacum officinale*), stellaire holostée (*Stellaria holostea*), renoncule acre (*Ranunculus acris*), potentille rampante (*Potentilla reptans*)...

➤ Des haies (code Corine biotopes : 84.1 - Alignements d'arbres)

Le site étudié comporte plusieurs haies conséquentes, assez homogènes dans leur stratification et leur composition :

- Haies arborées : chêne pédonculé (*Quercus robur*), saule marsault (*Salix caprea*), genêt à balai (*Cytisus scoparius*), ronce (*Rubus sp.*), prunellier (*Prunus spinosa*), ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) ;
- Haies arbustives : saule marsault (*Salix caprea*), orme champêtre (*Ulmus minor*), prunellier (*Prunus spinosa*), aubépine (*Crataegus monogyna*), ronce (*Rubus sp.*) ;

Ces haies comportent certains sujets conséquents qui forment des habitats intéressants pour l'avifaune et les chiroptères.



Culture – sol nu



Boisement avec des pins

En plus de ces habitats dominants, quelques espaces herbacés humides, ponctuels, sont présents au niveau :

➤ Des routes et chemins.

Certaines banquettes herbacées contiennent une diversité floristique intéressante avec le cirse tubéreux (*Cirsium tuberosum*), le cirse des marais (*Cirsium palustre*), l'eupatoire chanvrine (*Eupatorium cannabinum*), l'épiaire des bois (*Stachys sylvatica*), l'œnanthe safranée (*Oenanthe crocata*), le jonc aggloméré (*Juncus conglomeratus*), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) et la renoncule acre (*Ranunculus acris*).

➤ De la plate-forme qui entoure le pied d'éolienne.

Cet espace, en partie herbacé, se compose notamment de : jonc aggloméré (*Juncus conglomeratus*), saule marsault (*Salix caprea*), lotier corniculé (*Lotus corniculatus*), houlque laineuse (*Holcus lanatus*), pulicaire dysentérique (*Pulicaria dysenterica*), sénécion jacobée (*Jacobaea vulgaris*), renoncule acre (*Ranunculus acris*), oseille (*Rumex acetosa*), épilobe hirsute (*Epilobium hirsutum*), vergerette du Canada (*Erigeron canadensis*), eupatoire chanvrine (*Eupatorium cannabinum*).

Ces espaces peuvent s'apparenter à des prairies humides eutrophes (code Corine biotopes : 37.2).

Aucune espèce floristique ou habitat protégé n'a été recensé sur le site.




Plusieurs espèces floristiques, non protégées mais patrimoniales (déterminantes en Bretagne), sont ponctuellement présentes sur le site.

CARTE DES HABITATS



**Légende****Habitats**

-  Plateforme éolienne
-  Landes (31.2) (Coupe forestière)
-  Prairies humides eutrophes (37.2)
-  Bois de Tremble (41.D)
-  Chênaies acidiphiles (41.51)
-  Formation riveraine de saules (44.1)
-  Prairies sèches améliorées (81.1)
-  Champs d'un seul tenant intensément cultivés (82.1)
-  Plantations de conifères (83.31)





Haies

-  Arborée
-  Arbustive
-  Buisso

Périmètre d'étude

-  Zone de suivi avifaune et chiroptères
-  Zone de suivi mortalité

Éléments de repères

-  Chemin
-  Chemin piétonnier
-  Voie ferrée
-  Eoliennes

3.2 – Activité de l'avifaune sur le site

Sur le périmètre d'étude, 39 espèces ont été recensées, dont 31 sont protégées nationalement et 12 sont considérées comme patrimoniales selon leur classement dans les listes rouges nationale (septembre 2016) et régionale (juin 2014), leur statut au niveau européen et leur inscription aux listes ZNIEFF.

Nom français	Nom scientifique	Annexe I Directive Oiseaux	Article 3 Arrêté Oiseaux du 29/10/2009	Protection de l'espèce	Liste rouge France	Liste rouge BZH	Espèce déterminante en Bretagne	Point IPA	Statut d'observation
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	/	X	Protégée	LC	LC		3	NPO
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	/	X	Protégée	LC	LC		1, 6	Ali
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>	/	X	Protégée	NT	LC		2	NPO
Bouvreuil pivoine	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	/	X	Protégée	VU	VU		3	NPO
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	/	X	Protégée	VU	NT		1, 2	NPR
Bruant zizi	<i>Emberiza cirius</i>	/	X	Protégée	LC	LC		2	NPR
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	/	X	Protégée	LC	LC		4	Vol
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	/	X	Protégée	LC	LC		2	NPO
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	/	X	Protégée	LC	LC		2	NPO
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	/	/	Chassable	LC	LC		1, 5, 6	Ali
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	/	/	Chassable	LC	LC		5, 6	NC
Faisan de colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	/	/	Chassable	LC	LC		1	NPO
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	/	X	Protégée	LC	LC		1, 2, 3, 4, 5	NPO
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	/	X	Protégée	NT	LC		2	NPO
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	/	X	Protégée	LC	LC		5	NPO
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	/	/	Chassable	LC	LC		3	NPO
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	/	X	Protégée	LC	LC		2	NC
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	/	X	Protégée	NT	LC		1	
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	/	/	Chassable	LC	LC		5, 6	NC
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	/	X	Protégée	LC	LC		2, 3	NPO
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	/	X	Protégée	LC	LC		1, 5	NPR
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	/	X	Protégée	NT	LC		4	Vol

Colonnes Liste rouge BZH et France : CR = espèce en danger critique, EN = espèce en danger, VU = espèce vulnérable ; NT = espèce quasi-menacée, LC = espèce non menacée ; DD = Données insuffisantes.

Colonne Statut de l'observation : NC = nidification certaine ; NPR = nidification probable ; NPO = nidification possible.

En gras : espèces patrimoniales.

Nom français	Nom scientifique	Annexe I Directive Oiseaux	Article 3 Arrêté Oiseaux du 29/10/2009	Protection de l'espèce	Liste rouge France	Liste rouge BZH	Espèce déterminante en Bretagne	Point IPA	Statut d'observation
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	/	X	Protégée	LC	LC		3, 4	NPO
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>	X	X	Protégée	LC	LC	X	2	Vol
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	/	/	Chassable	LC	LC		2, 3	NC
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	/	X	Protégée	LC	LC		4, 5, 6	NPR
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	/	X	Protégée	LC	LC		2	NPO
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	/	X	Protégée	LC	LC		1, 2, 4	NPO
Rouge-gorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	/	X	Protégée	LC	LC		6	NPO
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	/	X	Protégée	LC	LC		4, 5	NPO

Colonnes Liste rouge BZH et France : CR = espèce en danger critique, EN = espèce en danger, VU = espèce vulnérable ; NT = espèce quasi-menacée, LC = espèce non menacée ; DD = Données insuffisantes.

Colonne Statut de l'observation : NC = nidification certaine ; NPR = nidification probable ; NPO = nidification possible.

En gras : espèces patrimoniales.

Les relevés de l'avifaune ont mis en avant une diversité spécifique assez intéressante durant les périodes de prospection.

Cette diversité et densité d'oiseaux sont inévitablement favorisées à la fois :

- par le contexte maritime proche,
- et le contexte biotique et paysager (landes de la Poterie, forêt de la Hunaudaye).

Cette mixité de milieux, très favorable, favorise donc la présence stationnaire de certaines espèces sur le parc éolien, mais aussi le déplacement d'espèces passant potentiellement sur le parc.

Les déplacements des différentes espèces, partiellement observés sur le parc, sont de 3 types :

➤ Les déplacements de basse altitude :

Ceux-ci concernent principalement les passereaux qui réalisent des déplacements courts entre deux haies ou deux zones d'alimentation. Très fréquents, ils ont lieu en dessous des pales des éoliennes, en partie grâce à la basse stratification des rares haies proches des éoliennes.

➤ Les déplacements de moyenne altitude :

Ceux-ci concernent les oiseaux faisant des déplacements plus longs, entre deux sites, en dehors du parc éolien et de son aire étudiée. Ils s'effectuent au plus court pour l'oiseau, sans forcément prendre en compte les éléments du paysage (haie, bois), ce qui induit potentiellement un passage à proximité et à hauteur des pales des éoliennes.

Ce type de déplacement peut également concerner les rapaces ou les oiseaux se nourrissant au vol (martinets, hirondelles) et qui prennent un minimum d'altitude pour chasser, afin de repérer leurs proies ou chasser les proies volantes, tout en évitant de se faire repérer. Pour eux également, les vols de chasse peuvent induire un passage à proximité et à hauteur des pales d'éoliennes.

➤ Les déplacements de haute altitude :

Ceux-ci concernent les oiseaux en pleine migration ou en déplacements longs. La hauteur de vol dépasse dans ce cas largement les éoliennes.

Ce sont donc les individus réalisant des déplacements de moyenne altitude qui peuvent directement être touchés par la rotation des pales des éoliennes.

La majeure partie des espèces observées sur le périmètre étudié occupe le site de manière quasi-permanente et probablement en tant que nicheurs. Les observations ont cependant pu mettre en avant une adaptation certaine, à l'éolienne, des individus présents. En effet, les oiseaux souhaitant se déplacer d'un point à l'autre en ayant l'éolienne sur leur trajet, modifient quasi systématiquement leur trajectoire en longeant les haies disponibles ou en décalant le point de démarrage. Leur vision spatiale de la zone semble plutôt bien intégrer l'éolienne.

Malgré une adaptation des oiseaux, certains individus n'ont pas pu éviter l'impact avec les éoliennes durant leurs déplacements. C'est notamment le cas d'un martinet noir, repéré durant les inventaires.

3.3 – Activité des chiroptères sur le site

3.3.1 – Résultats bruts

Sur le périmètre d'étude, 4 espèces de chiroptères ont été recensées. Ces espèces sont protégées et considérées comme patrimoniales.

Nom français	Nom scientifique	Directive Habitats	Protection France	Liste Rouge France	Liste rouge BZH	Espèce déterminante en BZH	Périodes de contact	Localisation transects
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Annexe IV	Article 2	LC	LC	/	avril, mai, juin, octobre	1, 2, 3, 5, 6, 8
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus khulii</i>	Annexe IV	Article 2	LC	LC	/	avril, mai, juin	2, 3, 4, 6
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus Nathusii</i>	Annexe IV	Article 2	NT	NT	/	avril, mai, juin,	2, 3, 4, 6
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Annexe II et IV	Article 2	LC	NT	X	juin	2

Colonnes Liste rouge PDL et France : CR = espèce en danger critique, EN = espèce en danger, VU = espèce vulnérable ; NT = espèce quasi-menacée, LC = espèce non menacée ; DD = Données insuffisantes.

Colonne Statut de l'observation : NC = nidification certaine ; NPR = nidification probable ; NPO = nidification possible.

Sur ces 4 espèces, la pipistrelle commune est la plus largement représentée, que ce soit spatialement (7 localisations sur les 8 transects réalisés) ou en effectif (une moyenne de 7 individus contactés à chaque sortie).

Les pipistrelles de kuhl et de nathusius, bien représentées, ont des fréquences d'identification identiques. Ainsi, à chaque contact correspondant à ces deux espèces, c'est le complexe "pipistrelle kuhl/nathusius" qui a été noté et pris en compte.

Le nombre de contacts et d'espèces identifiées est localement faible sur les cultures ou dans les boisements et assez fort le long des haies ou lisières boisées. Ce constat s'explique aisément par un contexte agricole qui reste très peu attractif pour les chauves-souris, que ce soit en gîte, en corridor et en zone de chasse, à l'inverse des autres habitats.

Les relevés de l'activité des chiroptères ne révèlent pas la présence de grosses populations utilisatrices du site autre que la pipistrelle commune. Les individus repérés se retrouvent donc principalement vers les zones arborées (bois et haies arborées), en l'occurrence à l'écart de l'éolienne.

3.3.2 – Causes possibles de mortalité

Plusieurs causes de mortalité peuvent être identifiées :

➤ Barotraumatisme / collision

Tout laisse à penser que la mortalité induite par les éoliennes sur les chiroptères intervient après une collision même légère sur un individu de passage.

Or, certains cadavres peuvent seulement présenter des traces de sang dans la bouche sans fractures apparentes. Ce phénomène de mortalité s'explique par un barotraumatisme (Baerwald et al., 2008). Les pâles des éoliennes entraînent de fortes et rapides variations de pression de l'air dans leur sillage (de l'ordre de 5 à 10 kPa, (Baerwald et al., 2008)) et causent indirectement des dommages aux tissus respiratoires, entraînant des hémorragies internes.

Ces observations indiquent que les individus tués par les éoliennes s'approchent fortement des pâles et se font surprendre par leur mouvement de rotation.

Ce phénomène semble assez récurrent chez les chiroptères.

➤ Curiosité des chiroptères

Une étude radar menée par *HORN et al. (2008)* indique que les chauves-souris qui ont montré des signes d'évitement des pâles, ne s'en éloignent pas mais continuent à "inspecter" autour des pâles, ce qui augmenterait le risque de collision.

La curiosité des chauves-souris peut donc avoir un effet sur les collisions, notamment lorsque de nouvelles éoliennes sont implantées.

➤ Limite de l'écholocalisation

Des études (DIETZ et al., 2009) démontrent que les chiroptères sont plus vulnérables à la prédation par les rapaces que les passereaux, car l'écholocalisation ne permet pas de repérer le prédateur même à faible distance.

De plus, l'étude met en avant que les chiroptères utilisent un faisceau acoustique relativement étroit, pour une meilleure perception des éléments devant eux.

Par conséquent, la vulnérabilité des chiroptères face aux pâles d'éoliennes est probablement plus forte que pour les oiseaux, car leur champ de vision acoustique ne permet pas de percevoir ce qui arrive par le haut ou par le bas, en l'occurrence les pâles.

3.4 – Mortalité de l'avifaune et des chiroptères

3.4.1 – Résultats bruts

Les quatre campagnes de suivis, en 16 passages, ont mis en avant 1 seul cas de mortalité chez les oiseaux soit une moyenne de moins de 0,1 cadavre par passage :

Dates d'observation	Espèces trouvées	Numéro de l'éolienne	Distance par rapport au mât	Raison de la mortalité	Autres
13 juin 2017	1 martinet noir	Eolienne 1	25 m	Collision éolienne probable	Plumée, carcasse décapité

L'individu retrouvé a probablement été impacté par collision d'une pale lors d'un de ses déplacements.

Aucun cadavre de chiroptère n'a été trouvé sur l'aire d'étude prospectée

Le contexte très agricole dans lequel est positionnée l'éolienne est probablement un facteur influant sur le peu de données collectées. En effet, les habitats de reproduction et surtout d'alimentation, sont clairement en retrait (haies, boisements) de l'éolienne et du rayon d'incidence des pâles.

3.4.2 – Efficacité de l'observateur

Trois tests ont été réalisés pour déterminer l'efficacité de la personne réalisant le suivi mortalité, sur les différents types d'habitats présents dans le carré de prospection (100m X 100m) autour de l'éolienne.

Les habitats testés sont donc :

- Les cultures
- Les zones à végétation dense (boisements, haies)
- Les zones herbacées (banquettes de chemins et pied d'éolienne)
- Les chemins et plates-formes

Sur l'ensemble des tests et tous habitats confondus, l'efficacité de la personne réalisant les tests est de **86%** (taux efficacité = 0,86).

L'efficacité (pourcentage de leurre retrouvé), par habitat, est de :

- 83% pour les cultures : les résultats sont assez divergents selon l'état d'avancement des cultures, puisque les relevés sont évidemment plus simples lorsque les cultures sont récoltées ou juste semées, et sont à l'inverse beaucoup plus compliqués notamment en juin lorsque la culture dépasse une certaine hauteur.
- 87,5% pour les zones herbacées : la végétation y est relativement basse ce qui facilite sensiblement les recherches.
- 90% pour les zones sans végétation : sans végétation et sans obstacle visuel, les potentiels cadavres se repèrent très aisément.

3.4.3 – Evaluation de la prédation sur le site

Trois tests de prédation ont été réalisés. Au total, ce sont 36 leurres (blanchons de souris) qui ont été posés et relevés chaque matin, pendant 10 jours pour chaque test.

Comme pour le test d'efficacité, les différents habitats ont été testés pour cette analyse. Le taux de prédation selon la distance du mât d'éolienne a également été testé, afin d'analyser l'éventuel effarouchement des éoliennes sur les prédateurs.

Les différents passages sur le site ont pu mettre en avant la présence de nombreux prédateurs carnivores ou charognards de tous les taxons, parmi lesquels :

- Des mammifères : sanglier, renard, blaireau, fouine et autres mustélidés. On peut également ajouter à cette liste les animaux de compagnie, comme les chats observés à plusieurs reprises et éventuellement les chiens.
- Des oiseaux diurnes et nocturnes : rapaces diurnes et nocturnes, laridés (mouettes et goélands), et charognards comme la pie, la corneille ou le geai des chênes.
- Des insectes : quelques leurres ont été dévorés par les fourmis en seulement une semaine. Les leurres entamés par les fourmis n'ont d'ailleurs jamais été "re-prédats" par une autre espèce.
- Des limaces qui, sur plusieurs jours pluvieux, ingèrent la quasi-totalité d'une proie plus petite.

Dans l'évaluation de la prédation sur le parc éolien, les résultats donnent un pourcentage de persistance des leurres par jour, après leur pose (Jour 0), ainsi que le nombre moyen de jours de persistance pour un cadavre (calcul prenant en compte le pourcentage restant à la fin de l'intervalle de suivi), et les taux de persistance utilisés pour les méthodes de Jones et Huso :

	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Jour 9	Jour 10
% de persistance	92%	92%	69%	69%	54%	38%	38%	23%	23%	23%
Temps moyen de persistance (Pe)	6,1j									
Taux de persistance (P) "Jones"	0,78									
Taux de persistance (P) "Huso"	0.79									

Les valeurs ci-dessus résultent des 3 campagnes de tests appliqués.

Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques peuvent faire varier de manière importante la prédation sur le site.

La prédation s'effectue de manière assez constante les 5 premiers jours, avant de se stabiliser sur les 5 derniers jours. Ce phénomène peut s'expliquer par une baisse progressive de l'attractivité (perte d'odeur, individus moins visibles) des blanchons utilisés pour les tests, de la météo (le beau temps favorise la chasse des prédateurs).



Contexte prairial (non naturel)



Restes de martinet noir

3.4.4 – Coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur de surface est présenté ci-dessous par période :

	Octobre 2016		Avril 2017		Mai 2017		Juin 2017		TOTAL (moyenne)	
Cercle <i>k</i>	% de surface prospectée	Nombre de cadavres	% de surface prospectée	Nombre de cadavres	% de surface prospectée	Nombre de cadavres	% de surface prospectée	Nombre de cadavres	% de surface prospectée	Nombre de cadavres
56	96,7	0	96,7	0	96,7	0	7,4	0	74.4	0
42	100	0	100	0	100	0	11,6	0	77.9	0
28	100	0	100	0	100	0	24,6	1	81.6	1
14	100	0	100	0	100	0	67,2	0	91.8	0
Surface totale prospectée en m²	9 688		9 688		9 688		5 841,4		34 905.4 / 39 315.2 Soit une moyenne de 8 726.4 m² par passage (88.8 %)	
Coefficient de surface	1,22									

Les surfaces prospectées varient au cours des saisons, notamment en juin, selon la densité des cultures situées dans les rayons de prospections.

Ici, la culture (maïs) a bien été prospectée au cours des 4 passages, mais les difficultés de visibilité rencontrées au mois de juin ne permettaient pas de réaliser le protocole de recherche de cadavres dans des conditions acceptables.

Cette notion induit par conséquent, une baisse des surfaces prospectées, en plus de la partie arborée située au nord.

Le coefficient trouvé reste toutefois proche de 1. Ce résultat indique globalement, que la surface prospectée pour la recherche de cadavres, présente un taux de prospection **A** élevé.

3.4.5 – Estimation finale de la mortalité

Le tableau ci-dessous présente les estimations de mortalité sur la durée du suivi, selon les différentes méthodes décrites précédemment, en appliquant par multiplication le coefficient de surface.

Les prospections menées pour ce suivi de la mortalité n'ayant mis en avant que la présence d'un seul cadavre d'oiseau, les estimations peuvent être appliquées seulement sur ce taxon.

En reprenant la même méthodologie, les estimations de mortalité (estimée en nombre d'individus) ont été réalisées sur l'éolienne concernée (les estimations comprennent directement le coefficient de surface). L'estimation sur 40 jours correspond à la durée du suivi (4 campagnes de 10 jours) :

	TOTAL PARC	
	Estimation sur 40 j	Estimation sur 1 an
Protocole "Erickson"	0,7	6,4
Protocole "Jones"	1,8	16,4
Protocole "Huso"	1,8	16,4

3.4.6 – Analyse des résultats

Les prospections sur la mortalité n'ayant permis de relever qu'un oiseau, l'estimation de la mortalité ne porte que sur l'avifaune.

Les résultats obtenus sont assez proches entre les 3 formules.

Bien que les protocoles de Jones et Huso soient probablement plus fiables, les estimations de mortalité sur l'éolienne de Lamballe, sur 40 jours, sont comprises entre 0,7 et 1,8 individu d'oiseaux.

Rapportées à une année, les estimations oscillent entre 6,4 et 16,4 individus d'oiseaux.

A titre indicatif, la moyenne annuelle de ces quatre estimations confondues nous donne **11,4 individus d'oiseaux touchés annuellement**.

Concernant les chiroptères, les résultats démontrent, malgré une bonne représentativité de ces espèces mais dans un rayon assez éloigné de l'éolienne, une incidence sur leur mortalité équivalente ou proche de 0.

Malgré ce résultat nul, il serait un peu trop catégorique d'affirmer que l'éolienne étudiée ne cause aucune mortalité chez les chiroptères, même durant les périodes prospectées. En effet, la prédation, l'efficacité, ou encore les surfaces non possibles à prospecter, peuvent avoir influé sur les résultats.

Cependant, même s'il est possible que certains individus aient été touchés, l'adaptation et l'intégration de l'éolienne dans leur territoire, ainsi que le contexte agricole intensif présent autour de l'éolienne (faible production d'insectes), permettent d'affirmer que l'impact de l'éolienne sur les chiroptères reste très faible.

Globalement, l'impact de l'éolienne sur l'avifaune est considérée comme faible, et nul, voire négligeable, sur les chiroptères.

3.4.7 – Comparaison avec d'autres sites éoliens

Le tableau ci-dessous présente l'estimation de mortalité aviaire sur d'autres parcs éoliens analysés en France :

Site	Année	Nombre d'éoliennes	Nombre d'individus trouvés	Estimation (n) mortalité/éolienne/an	Référence de l'étude
Lamballe (Côtes d'Armor)	2017	1	1	6,4<n<16,4	Etude actuelle
Tassillé (Sarthe)	2017	4	1	12,8<n<24,6	ATLAM - IEL
Saint Thégonnec (Finistère)	2017	5	3	42<n<59,3	ATLAM - IEL
La Répara-Auriples (Drome)	2010	2	42	59,68<n<130,49	LPO, Cornut et Vincent
Le Pouzin (Ardèche)	2010	2	6	6,79<n<75,9	LPO, Cornut et Vincent
Bouin (Vendée)	2004	8	22	15,6<n<33,7	LPO, Dulac
Bouin (Vendée)	2005	8	15	5,7<n<10,8	LPO, Dulac
Bouin (Vendée)	2006	8	23	6,8<n<18	LPO, Dulac

Globalement, les estimations qui ressortent de cette étude, menée sur l'éolienne de Lamballe, se situent dans une moyenne basse vis-à-vis des données issues des autres études mentionnées dans le tableau ci-dessus.

Une étude menée par la LPO en 2017, intitulée "Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune" a permis de faire un bilan des suivis de mortalité réalisés en France entre 1997 et 2015. Cette étude conclut que :

"La mortalité réelle due aux éoliennes n'est, quant à elle, estimée que pour très peu de parcs, souvent localisés dans des ZPS ou présentant de fortes sensibilités avifaunistiques. Pour les huit parcs concernés, qui représentent 1,38 % des éoliennes françaises, la mortalité réelle estimée varie de 0,3 à 18,3 oiseaux tués par éolienne et par an, la médiane s'établissant à 4,5 et la moyenne à 7,0."

Outre l'aspect quantitatif, les espèces retrouvées semblent assez récurrentes :

"Les roitelets à triple bandeau et les martinets noirs, impactés principalement lors de la migration postnuptiale, sont les espèces les plus retrouvées en valeur absolue sous les éoliennes françaises. Les migrants, principalement des passereaux, représentent environ 60% des cadavres retrouvés."

A ce titre, le cadavre de martinet noir retrouvé en dessous de l'éolienne de Lamballe était probablement plus en chasse qu'en migration post-nuptiale.

3.5 – Facteurs influant sur la mortalité et leur estimation

3.5.1 – Adaptabilité des espèces

Comme évoqué précédemment, les observations réalisées dans le cadre du suivi de l'activité de l'avifaune et des chiroptères démontrent une certaine adaptabilité de plusieurs espèces survolant le parc éolien, qui se fait :

- soit verticalement (adaptation de la hauteur de vol), c'est notamment le cas des espèces observées sur le site réalisant des vols de plus longues distance (laridés,...),
- soit horizontalement (évitement des pales en passant entre les éoliennes), c'est notamment le cas des passereaux (nombreuses observations) et des chiroptères qui se déplacent sur des distances moyennes entre les haies et boisements à la recherche de nourriture.

Malgré cela, la probabilité que certains individus soient touchés par les éoliennes existe évidemment et semble probablement s'accroître en fonction de :

- l'activité d'un individu : plus l'activité d'un individu est forte, moins il est réceptif à la présence d'éoliennes, c'est le cas du martinet noir probablement en chasse avant d'être touché par les pales ;
- ou la concentration en effectif de certaines espèces : plus une espèce est présente sur ou à proximité du parc, plus il est probable de retrouver un cadavre de cette espèce.

3.5.2 – Contexte géographique

Comme c'est le cas pour le parc de Lamballe, les éoliennes présentes à proximité du littoral sont situées sur un des axes migratoires postnuptiaux majeurs de l'Europe occidentale (Dulac, 2004). De nombreuses espèces effectuent de grands voyages entre l'Afrique où elles passent l'hiver, et l'Europe où elles se reproduisent. Ces migrations ont lieu chaque année et sur les mêmes voies établies depuis des milliers d'années.

Malgré cette particularité géographique et comportementale, qui pourrait induire une plus forte fréquentation d'individus sur le parc et par conséquent, de la mortalité, aucun cadavre d'individu migrateur n'a été observé sur le site.

3.5.3 – Conditions climatiques

Les conditions climatiques peuvent avoir des répercussions différentes dans l'estimation de la mortalité, au travers du taux de prédation, mais aussi dans la mortalité effective d'individus.

En effet, il a été observé que le taux de prédation exercé sur les "cadavres tests" pouvait énormément varier selon la météo. Des nuits pluvieuses ou orageuses peuvent limiter fortement la prédation du site. De plus, les cadavres peuvent devenir moins détectables durant les jours qui suivent, après une bonne pluie orageuse (atténuation de l'odeur des proies).

Lors de forts épisodes de brouillard, la capacité des oiseaux à se diriger et à éviter des obstacles est drastiquement réduite. Les passereaux semblent d'ailleurs plus sensibles aux éoliennes dans ces conditions. En effet, ces espèces effectuent des vols migratoires à faible altitude lors de mauvaises conditions climatiques (Roux et al., 2004).

3.5.4 – Limites de la méthode

Plusieurs points relatifs à la méthode de suivi peuvent être également discutés :

- Les prospections vis-à-vis de la distance au mât et au-delà du rayon défini.
Behr et Hebensen (in Brinkman, 2006) montrent que des individus peuvent être projetés à 90 mètres du pied de l'éolienne, même si la plupart des victimes sont trouvées à 30 ou 40 mètres. Cela dépend fortement de la configuration du site.
Dans le Cap Corse, compte tenu de la disposition des éoliennes sur des crêtes, il est probable qu'un oiseau ou une chauve-souris, percuté(e) par les pales, soit projeté(e) à une distance de plus de 100 mètres (Faggio, 2013).
Souvent prise en compte dans les études de suivi de mortalité, l'analyse de la mortalité vis-à-vis de la distance du mât n'a probablement pas d'incidence notable sur le parc de Lamballe aux vues de la configuration du site et de sa topographie.
- L'absence de relevés en hiver.
L'analyse de la mortalité durant la période hivernale aurait pu permettre une comparaison complète entre les différentes saisons, notamment vis-à-vis de l'activité avifaune inventoriée à cette saison.
- La persistance des cadavres.
Les méthodes utilisées dans l'estimation de la mortalité nécessitent l'analyse des effets de la prédation sur les cadavres en utilisant des "leurres". Ce protocole a mis en avant une certaine prédation sur le site de Lamballe et ainsi estimé la persistance des cadavres. Les leurres utilisés semblent toutefois accentuer ce taux de prédation en comparaison avec l'oiseau retrouvé en pied d'éolienne.

4 – CONCLUSION

Bien que les espèces locales intègrent probablement d'avantage les éoliennes dans leur environnement, le risque de collision ne semble pas totalement nul. En effet, ces derniers ne modifient pas forcément leurs comportements face aux éoliennes en fonctionnement.

La mortalité directe liée à l'homme est plus variée : collisions routières, avec les lignes électriques, avec les éoliennes et avec le bâti, chasse pour un certain nombre d'espèces, prédation par les animaux domestiques...; elle est même chiffrée ou évaluée en France pour un certain nombre de causes (65-70 M/an tués par les chats, 30-75 M/an en collisions routières (Girard, 2011-2012)).

Avec 83% de la surface en cultures dans le périmètre proche, l'éolienne et sa potentielle aire d'incidence, s'inscrivent dans un contexte, proche, globalement peu accueillant pour la faune.

A plus large échelle (rayon de 300m), la qualité et la diversité des habitats offrent un contexte environnemental riche et favorable à l'alimentation, la reproduction ou le simple stationnement d'espèces aviaires et de chiroptères.

Les données brutes des relevés de la mortalité, ainsi que leur analyse et leur estimation, montrent d'ailleurs un impact globalement faible de l'éolienne sur les oiseaux et les chiroptères confondus.

ANNEXES

Fiche de terrain-Mortalité Avifaune

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien : Lamballe (22)			
Point n°	Date : 13 juin 201	Heure : 10 h 20	Nom du découvreur : Damien Merceron – société ATLAM
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 48,49258 Longitude : -2,449448 Numéro de l'éolienne la plus proche : Eolienne le + au nord du parc Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 25 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Sud-Ouest Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Limite culture plate-forme			
N° de photos : Photo ci-dessous			
Description et identification : Taille de l'oiseau (ailes déployées) : indéterminable Particularités (couleur, forme quelconque) : Difficilement analysable Identification (famille, espèce si possible) : Apodidés, Martinet noir			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Fragment			
Etat du cadavre : <input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input checked="" type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) : Collision avec pale			
COMMENTAIRES : 			

